

## Моделирование обработки скважин полимер-дисперсными системами

*Выдыш Иван Владимирович*

*Гильманов Александр Янович, Шевелев Александр Павлович*

*Тюменский государственный университет*

*Шевелев Александр Павлович, к.ф.-м.н.*

*[vydysh3d@gmail.com](mailto:vydysh3d@gmail.com)*

Одним из направлений решения задачи селективного воздействия на неоднородный нефтяной пласт является применение так называемых полимер-дисперсных систем. В качестве «наполнителя» в этих системах применяются тонкодисперсные частицы от коллоидных глинистых частиц до суспензий мела и древесной муки [1]. Глубина проникновения таких частиц определяется соотношением их среднего радиуса к среднему радиусу пор. Таким образом, частицы проникают в высокопроницаемые пропластки гораздо глубже, способствуя более полному перераспределению потоков в продуктивном интервале неоднородного пласта. Особенностью полимер-дисперсной системы является то, что формируемый гель удерживает осаждающиеся частицы и не дает потоку вновь вовлекать их в движение. Расчет фильтрационных параметров позволяет правильно подобрать технологию полимер-дисперсной обработки. Однако подробного расчета параметров фильтрации полимер-дисперсных систем проведено не было, за исключением определения концентрации полимера. Такой расчет и является целью настоящей работы.

Композиционные или многокомпонентные и многофазные модели фильтрации являются достаточно распространенным инструментом решения задач подземной гидромеханики для процессов снижения приемистости нагнетательных скважин при закачке воды низкого качества, продуктивности добывающих скважин для добычи нефтей с высоким содержанием смол и асфальтенов, высоковязких нефтей в плохо консолидированных пластах, закачки пресных вод и т.д. В этих моделях используются стандартное задание приведенной плотности фазы через массовые концентрации компонентов [2]. Под компонентом в гомогенной смеси понимается также вещество в дисперсном состоянии, когда скорости несущей фазы и дисперсных частиц совпадают. Сложившийся подход к описанию миграции суспензий в пористой среде также апеллирует с определением суспензии как гомогенной смеси, однако концентрация частиц определяется через объемное содержание.

Основной задачей фильтрации рассматриваемой суспензии (полимер дисперсной системы) является изменение профиля приемистости или продуктивности в скважине после ее обработки. Для этого был рассмотрен продуктивный пласт, вскрытый вертикальной скважиной, и состоящий из  $N$  пропластков разной проницаемостью и мощностью (толщиной). Ввиду того, что объемы закачки полимер дисперсной системы относительно небольшие, вертикальными перетоками между пропластками можно пренебречь и считать их изолированными друг от друга. Вводится коэффициент фильтрации  $\lambda$ , характеризующий течение полимера в присутствии его удержанной концентрации. Если коэффициент фильтрации  $\lambda$  и соотношение размеров частиц к размерам пор в пропластках с различной проницаемостью отличаются, то коэффициент повреждения  $\beta$  в первом приближении можно считать постоянным. В этом приближении получена система (1) в радиальной одномерной системе координат с расстоянием  $r$ :

$$\begin{aligned} h_i \left( \frac{\partial (\theta_i c_i + \sigma_i)}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial (r U_i c_i)}{\partial r} \right) &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_i}{\partial t} &= \lambda_i U_i c_i, \\ U_i &= - \frac{k_i}{\mu(1 + \beta \sigma_i)} \frac{\partial p_i}{\partial r} \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\theta$  – пористость,  $c$  – объемная концентрация частиц в потоке,  $\sigma$  – объемная концентрация в единице объема всей породы захваченных в пористой среде частиц,  $U$  – фильтрационный поток,  $k$  – коэффициент абсолютной проницаемости без захваченных частиц,  $\mu$  – эффективная вязкость суспензии,  $p$  – поровое давление,  $t$  – время.

Данная система была обезразмерена. С использованием численных методов была решена система для двух пропластков относительно неизвестных коэффициента фильтрации  $\lambda$  и коэффициента повреждения  $\beta$ . Также попутно было проверено, нужно ли вообще обезразмеривать систему уравнений, нежели просто решать размерную систему.

В работе впервые получено решение системы уравнений, описывающей фильтрацию полимер-дисперсной системы в радиальном случае. Поскольку в реальном нефтяном пласте наблюдается именно

плоскорадиальная фильтрация, то полученное решение для фильтрационных параметров оказывается пригодным к даче практических рекомендаций для применения полимер-дисперсных систем при разработке реального нефтяного месторождения для выбора оптимальных технологических параметров и оценки успешности заводнения. Проанализирована зависимость коэффициента фильтрации  $\lambda$  и коэффициента повреждения  $\beta$  от начальной концентрации полимера, проницаемости породы. В итоге, можно сделать вывод о том, что полученное решение является устойчивым при различных известных параметрах процесса. Из решения можно получить фильтрационные параметры для заданных технологических параметров разработки. Расчётные значения сходятся с реально наблюдаемыми на практике.

Список публикаций:

- [1] Хисамов Р.С., Газизов А.А., Газизов А.Ш. Научно-технологические основы применения полимер-дисперсных систем для увеличения нефтеотдачи. //Нефтяное хозяйство. – 2002. - №11. – С.52-56.  
[2] Баренблатт Г.И. Ентов В.М. Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – М : Недра, 1984. – 211 с.

## Симулятор для гидравлического расчета трубопроводов

**Галиева Кадрия Фаилевна**

*Башкирский государственный университет*

*Киреев Виктор Николаевич, к.ф.-м.н.*

*[galievak.1999@mail.ru](mailto:galievak.1999@mail.ru)*

С древнейших времен человечество использует трубопроводы. Раньше их использовали для транспортировки воды (акведуки). В настоящее время трубопроводы применяются очень широко, например, для перекачки нефти, газа и нефтепродуктов, обеспечивая наименьшие экономические затраты[1]. Очень важно правильно спроектировать трубопровод, чтобы он справлялся со своей задачей.

Гидравлический расчет является самым важным, его можно найти из различных формул[2]. Хорошо бы иметь программу, которая рассчитывала бы гидравлическое сопротивление трубопровода.

Целью данной работы является создание симулятора для гидравлического расчета трубопроводов при различных параметрах (для различных параметров трубы, для различных течений).

Математическая модель задается при помощи обобщенной формулы Лейбензона[3]:

$$H = \beta \frac{Q^{2-m} v^m}{d^{5-m}} L, \quad (1)$$

где  $H$  – гидравлическое сопротивление трубопровода, м;

$\beta, m$  – коэффициенты Лейбензона (были взяты из таблицы);

$Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/час;

$v$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/час;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода, мм;

$L$  – длина трубопровода, м.

В таблице приведены формулы для расчета коэффициентов гидравлического сопротивления.

Таблица 1

Ламинарный режим	Турбулентный режим		
$Re < 2300$	$2300 < Re < 15 \frac{d}{\Delta}$	$15 \frac{d}{\Delta} < Re < 500 \frac{d}{\Delta}$	$Re > 500 \frac{d}{\Delta}$
$\lambda = \frac{64}{Re}$	$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$	$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$	$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$
	Область гидравлически гладких труб	Зона смешанного трения	Область шероховатых труб
$m = 1$ $\beta = \frac{128}{\pi g}$	$m = 0,25$ $\beta = \frac{0,241}{g}$	$m = 0,125$ $\beta = 0,0185e^{0,125}$	$m = 0$ $\beta = \frac{8\lambda}{\pi^2 g}$

Программа была написана на языке программирования C++ в кроссплатформенной среде разработки Qt Creator.